

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. Juli 2004 (29.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/064122 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 21/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2004/000010

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Januar 2004 (13.01.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
60/439,745 13. Januar 2003 (13.01.2003) US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): UNAXIS BALZERS AKTIENGESELLSCHAFT
[LI/LI]; FL-9496 Balzers (LI).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WEICHART, Jürgen
[DE/LI]; Rietstrasse 7, FL-9496 Balzers (LI).

(74) Anwälte: ROSHARDT, Werner, A. usw.; Keller &
Partner Patentanwälte AG, Schmiedenplatz 5, Postfach,
CH-3000 Bern 7 (CH).

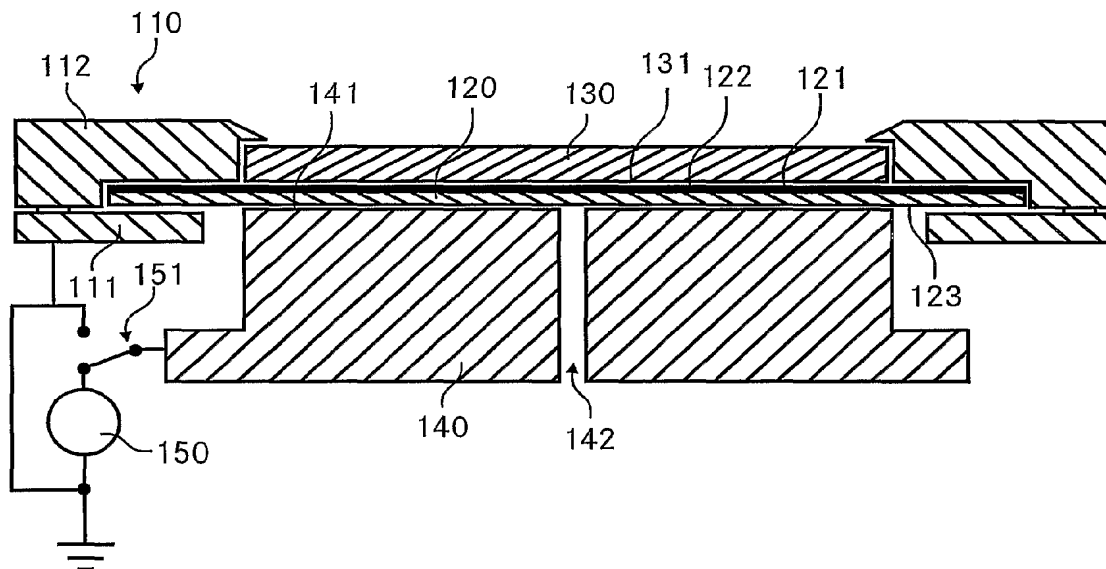
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INSTALLATION FOR PROCESSING A SUBSTRATE

(54) Bezeichnung: ANLAGE ZUR BEARBEITUNG EINES SUBSTRATS



(57) Abstract: The invention relates to an installation, in particular a vacuum processing installation for processing a substrate (130), in particular a semiconductor wafer, comprising a processing station. Said installation comprises a frame (110), to which is clamped a carrier (120), for holding and/or transporting the substrate (130), whereby the latter (130) can be fastened by its entire surface to said carrier (120). The processing station preferably comprises a chuck electrode (140) with a flat outer surface (141) and the carrier (120) can be positioned parallel and adjacent to said outer surface (141) of the chuck electrode (140). The carrier is composed in particular of a non-conductive dielectric material and is provided on one side with a conductive layer (122), in such a way that the chuck electrode (140) and the carrier (120) form an electrostatic chuck.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/064122 A1



TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Eine Anlage, insbesondere eine Vakuumprozessanlage, zur Bearbeitung eines Substrats (130), insbesondere eines Halbleiterwafers, mit einer Bearbeitungsstation umfasst zum Halten und/oder Transportieren des Substrats (130) einen Rahmen (110) mit einem eingespannten Träger (120), wobei das Substrat (130) grossflächig auf dem Träger (120) befestigbar ist. Die Bearbeitungsstation umfasst bevorzugt eine Aufspannelektrode (140) mit einer ebenen Aussenfläche (141), wobei der Träger (120) parallel und angrenzend an die Aussenfläche (141) der Aufspannelektrode (140) positionierbar ist. Der Träger besteht insbesondere aus einem nicht-leitenden dielektrischen Material und ist einseitig mit einer leitfähigen Schicht (122) versehen, so dass durch die Aufspannelektrode (140) und den Träger (120) eine elektrostatische Aufspannvorrichtung (Chuck) gebildet wird.

Anlage zur Bearbeitung eines Substrats

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Anlage, insbesondere eine Vakuumprozessanlage, zur Bearbeitung eines Substrats, insbesondere eines Halbleiterwafers, mit mindestens einer Bearbeitungsstation. Die Erfindung betrifft ferner eine Bearbeitungsstation für eine derartige Anlage, einen Rahmen für eine derartige Anlage zum Halten und/oder Transportieren des Substrats, eine Folie zum Einspannen in den Rahmen und ein Verfahren zum Bearbeiten eines Substrats, insbesondere eines Halbleiterwafers, in einer Vakuumprozessanlage.

Stand der Technik

Halbleiterwafer für die Herstellung von integrierten Schaltkreisen werden üblicherweise in Vakuumprozessanlagen bearbeitet, welche eine oder mehrere Bearbeitungsstationen umfassen, in welchen der Wafer in einer Vakuumkammer z. B. mittels einem CVD- (Chemical Vapor Deposition) oder PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition) beschichtet oder geätzt wird. Dabei ist wichtig, dass der Wafer in der Kammer während der Bearbeitung mechanisch stabil gehalten ist, und dass seine Temperatur kontrolliert wird, so dass insbesondere dem Wafer zugeführte Prozesswärme abgeführt werden kann. Ansonsten droht sich der Wafer stark aufzuheizen, was zur Beschädigung oder Zerstörung desselben führen kann.

Zur Steigerung der Produktivität werden zunehmend grössere Wafer eingesetzt, zum Teil solche mit einem Durchmesser von 300 mm, in Zukunft dürften noch grössere Durchmesser Verwendung finden. Aufgrund der grossen Fläche und der geringen Dicke dieser Substrate (typischerweise 0.8 mm oder weniger) ergeben sich zusätzliche mechanische Anforderungen sowohl an das Halten der Wafer während deren Bearbeitung als auch an den Transport der Wafer durch die Vakuumprozessanlage, denn bereits eine geringe Krafteinwirkung kann zu Schäden bzw. zur Zerstörung der Substrate führen. Zur Verbesserung der Temperaturkontrolle werden die Wafer zum Teil auf der Rückseite abgeschliffen, bis sie eine Dicke von 200 μm oder weniger aufweisen, teilweise gar bis zu einer Dicke von lediglich noch 50-75 μm . Anschliessend werden die dünngeschliffenen Wafer in einer Vakuumprozessanlage auf ihrer Rückseite metallisiert. Bei derartig dünnen Substraten sind die Anforderungen an das Halten und den Transport noch höher.

Gleichzeitig muss eine gute Abführung der z. B. bei Sputterprozessen auftretenden Prozesswärme sichergestellt sein, denn die dünnen Substrate mit ihrer geringen Wärmekapazität erreichen sonst sehr schnell Temperaturen von mehr als 150 °C, bei welchen bereits bestehende Schichtsysteme auf den Wafern beschädigt werden können. Schon bei geringerer Erwärmung besteht überdies die Gefahr, dass thermische Eigenspannungen in einer auf dem Substrat abgeschiedenen Schicht auftreten, welche beim Abkühlen zu einer De-

formation derselben führen. Die Abführung der Prozesswärme ist in Vakuumkammern erschwert, weil der Wärmetransport primär durch Wärmestrahlung erfolgen muss.

- Die US-Patente Nr. 4,680,061 und 4,743,570 (Varian) zeigen ein Verfahren zum Temperieren von Wafern in einer Vakuumkammer. Die Wafer sind entlang ihres Umfangs durch mehrere Clips in Öffnungen einer Tragscheibe gehalten. Zum Kühlen werden sie in eine Position angrenzend an eine ebene Oberfläche eines Kühlelements gebracht, wobei in einen schmalen Spalt zwischen dem Kühlelement und die Rückseite des Wafers Argon eingebracht wird, so dass der Wärmetransport vom Wafer zum Kühlelement durch Wärmeleitung in diesem Rückseitengas verstärkt wird.
- Die US 6,477,787 B2 (Applied Materials) betrifft ein Verfahren zum Heizen und Kühlen von Substraten in derselben Kammer, so dass auf eine separate Kühlkammer verzichtet werden kann. Der Kühlmechanismus umfasst eine Kühlplatte, auf welche das Substrat durch einen Transportmechanismus, z. B. einen Transportring mit nach innen gerichteten Tragefingern oder mehreren Hebestiften, transportiert werden kann. Die Abkühlung kann durch Gasfluss zwischen der Kühlplatte und dem Substrat verbessert werden.

- Die in diesen Schriften offenbarten mechanischen Transport- und Haltevorrichtungen sind allerdings für grossflächige Substrate mit einer geringen Dicke wenig geeignet, weil beim Halten eine ungleichmässige Verteilung der Kräfte auf den Wafer erfolgt und sich somit mechanische Spannungen ergeben. Der Druck des Rückseitengases und damit der Wärmedurchgang ist nach oben beschränkt, weil sich ab einem gewissen Gasdruck der umfangsseitig oder punktwise gehaltene Wafer zu verformen beginnt. Deswegen lässt sich keine für dünne Substrate effektive Kühlung erreichen.

- Das US-Patent Nr. 5,880,924 (Applied Materials) beschreibt eine elektrostatische Aufspannvorrichtung (Chuck), welche ein schnelles Festhalten und Ablösen eines Substrats erlaubt, indem die Lade- und Entladezeiten des Chucks verkürzt werden. Dazu umfasst die Aufspannvorrichtung eine dielektrische Schicht, auf welche das Substrat aufgelegt wird, eine Ladeelektrode, die in die dielektrische Schicht eingebettet ist, und eine von der Ladeelektrode isoliert angeordnete Entladeelektrode, welche das Substrat an der Oberfläche der dielektrischen Schicht kontaktiert.

Die US 6,238,160 B1 (Taiwan Semiconductor Manufacturing) beschreibt ein Verfahren zum Transportieren und elektrostatischen Aufspannen eines Halbleiterwafers in einer Bearbeitungskammer, wobei ein elektrostatischer Greifarm eingesetzt wird. Der Greifarm lädt den Wafer auf und hält ihn während dessen Transport durch elektrostatische Kräfte. Dies
5 hat den Vorteil, dass der Wafer gleichzeitig teilweise vorgeladen wird, so dass das Aufspannen auf den elektrostatischen Chuck vereinfacht ist und ein Gasplasma innerhalb der Kammer oder eine Ladeelektrode zum Kontaktieren des Wafers vermieden werden können. Ist der Wafer auf den Chuck aufgespannt, kann er temperiert werden, unterstützt durch ein Rückseitengas, z. B. Helium, welches in den Zwischenraum zwischen dem Wafer
10 und dem Chuck eingebracht wird.

Durch die elektrostatische Aufspannvorrichtung (Chuck) wird das Halten des Substrats verbessert. Insbesondere ist auch ein höherer Druck des Rückseitengases möglich, ohne dass das Substrat verformt wird, wodurch eine bessere Ableitung von Prozesswärme erreicht werden kann.

15 Der Chuck ist allerdings aufwändig herzustellen und benötigt häufige Wartung, insbesondere muss die das Substrat kontaktierende Komponente regelmässig ausgewechselt werden. Kritisch ist auch der Vorgang des Ablösens des mechanisch empfindlichen Substrats von der Oberfläche der Aufspannvorrichtung. Dies erfolgt in der Regel mit beabstandeten Pins und kann bei unvollständiger Entladung des Chucks zur Beschädigung oder Zerstörung
20 des Substrats führen.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörige Anlage zu schaffen, welche einen einfachen Aufbau aufweist, einfach gewartet werden kann, und in welcher ein dünnes und/oder grossflächiges, mechanisch empfindliches
25 Substrat ohne Gefahr der Beschädigung oder Zerstörung bearbeitet werden kann.

Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung umfasst die Anlage zum Halten und/oder Transportieren des Substrats minde-

stens einen Rahmen mit einem eingespannten Träger, wobei das Substrat grossflächig auf dem Träger befestigbar ist.

Durch die grossflächige Befestigung wird das Substrat sicher auf dem Träger gehalten und dadurch mechanisch stabilisiert, im Gegensatz zu einer Halterung, bei welcher das Substrat nur an dessen Rand oder an beabstandeten Punkten gehalten ist. Das Substrat kann zudem während der Bearbeitung auf dem Träger verbleiben, so dass auf aufwändige und schadenanfällige Einspann- oder Ablöseoperationen verzichtet werden kann und der Aufbau der Anlage vereinfacht wird. Das Substrat wird also bevorzugt vor der Bearbeitung auf dem Träger befestigt, verbleibt dort während der Transport- und Bearbeitungsoperationen und wird erst nach der erfolgten Bearbeitung, ausserhalb der Anlage, wieder vom Träger gelöst. Der Rahmen mit dem Träger wird regelmässig aus der Anlage heraus transportiert und kann somit einfach inspiziert und gegebenenfalls gewartet oder ausgetauscht werden.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die Bearbeitung von Halbleiterwafern, sondern ist bei einer Vielzahl von insbesondere grossflächigen und/oder dünnen Werkstücken, z. B. auf Glas- oder Kunststoffbasis, anwendbar. Sie ist also insbesondere geeignet für die Verarbeitung von elektronischen Bauelementen, auch nach deren Vereinzelung, oder Solarzellen.

Das Substrat wird bevorzugt mittels eines vakuumtauglichen und lösbaren Klebers auf eine erste ebene Hauptfläche des Trägers aufgeklebt. Dadurch ist die grossflächige Befestigung am Träger sichergestellt. Bevorzugt weist der Kleber eine gute thermische Leitfähigkeit auf, so dass Wärme optimal abgeleitet wird.

Mit Vorteil umfasst die mindestens eine Bearbeitungsstation eine elektrostatische Aufspannvorrichtung, einen sogenannten elektrostatischen Chuck, d. h. eine Aufspannelektrode mit einer ebenen Aussenfläche, wobei der Träger parallel und angrenzend an die Aussenfläche der Elektrode positionierbar ist. Die Kombination der grossflächigen Befestigung auf dem Träger und dem grossflächigen Halten auf dem Chuck erlaubt eine mechanisch ausserordentlich stabile Unterstützung des Substrats und entsprechend auch eine gute Ableitung von Wärme. Bevorzugt entspricht die Ausdehnung der ebenen Aussenfläche mindestens einer Hauptfläche des Substrats. In gewissen Fällen kann die Nutzfläche des

Substrats aber kleiner sein als die gesamte Substrat-Hauptfläche, z. B. wenn ein einzelnes viereckiges Halbleiterbauteil auf einem runden Wafer gefertigt wird. Dann kann die ebene Aussenfläche so gewählt werden, dass nicht das ganze Substrat, sondern nur die technisch bedingt verringerte Nutzfläche auf dem Chuck gehalten werden kann.

- 5 Die stabile Befestigung des Substrats auf einem in einem Rahmen eingespannten Träger ist auch bei Bearbeitungsstationen vorteilhaft, in welchen keine Kühlung notwendig ist.

Bevorzugt besteht der Träger aus einem nicht-leitenden dielektrischen Material und ist einseitig mit einer leitfähigen Schicht versehen. Der Rahmen ist zumindest in einem Bereich leitfähig, und der Träger ist so im Rahmen eingespannt, dass die leitfähige Schicht den leitfähigen Bereich des Rahmens kontaktiert. Die leitfähige Schicht des Trägers bildet zusammen mit dem dielektrischen Material und der Aufspannelektrode die elektrostatische Aufspannvorrichtung, wobei die leitfähige Schicht und die Aufspannelektrode gleichsam zwei Platten eines Plattenkondensators bilden. Wird der Träger so angeordnet, dass die leitfähige Schicht von der Aufspannelektrode abgewandt ist, dass diese also das Substrat kontaktiert, erhöht das dielektrische Material des Trägers die Anzugskraft im Parallelplattenfeld.

Eine derartig durch die Elektrode und den im Rahmen eingespannten Träger gebildete elektrostatische Aufspanneinrichtung (Chuck) weist einen einfachen Aufbau auf. Dadurch, dass mit dem Träger ein Teil der elektrostatischen Aufspannvorrichtung regelmässig aus der Anlage transportiert wird, vereinfacht sich die Wartung derselben, indem dieser wartungsintensivste Teil routinemässig inspiziert und gegebenenfalls ausgetauscht werden kann. Der in der Anlage verbleibende Teil, nämlich die Aufspannelektrode, ist während der Bearbeitung des Substrats durch den vor ihr angeordneten Träger geschützt und weist deshalb einen geringen Wartungsaufwand auf.

- 25 Der leitfähige Bereich des Rahmens und die Kontaktierung der leitfähigen Schicht des Trägers durch diesen Bereich ermöglicht einen einfachen Anschluss der zweiten Platte der Aufspannvorrichtung, indem lediglich eine Kontaktstelle am Rahmen kontaktiert werden muss.

Alternativ kann als Trägermaterial ein schwach dotiertes dielektrisches Material gewählt werden, welches halbleitende Eigenschaften aufweist. Dadurch ergibt sich anstelle der oben angegebenen Coulomb-Anziehung eine sog. Johnsen-Rahbek-Anziehung, welche aufgrund einer geringeren effektiven Plattendistanz deutlich stärker sein kann. Allerdings tritt
5 die halbleitende Wirkung des dotierten dielektrischen Materials oft erst bei erhöhten Temperaturen auf, und es ist ein kontinuierlicher Ladestrom zum Ausgleich des auftretenden Leckstroms erforderlich, was den Aufbau der Vorrichtung aufwändiger macht.

Zum Ablösen des Substrats wird mit Vorteil die leitfähige Schicht des Trägers mit der Aufspannelektrode kurzgeschlossen. Unterstützt durch die Trägerfolie erlaubt dies ein sicheres
10 Abheben des Substrats, bei welchem keine Gefahr einer Beschädigung besteht, weil keine lokalisierten Restkräfte vorhanden sind, welche auf das Substrat wirken können.

Vorzugsweise sind der Träger durch eine vakuumtaugliche, temperaturbeständige Folie und die leitfähige Schicht durch eine aufgedampfte Metallisierung oder ein leitfähiges Polymer gebildet. Als Material für die Folie eignet sich beispielsweise Polyimid. Eine derartige
15 Folie ist preisgünstig; Wafer werden ausserdem beim Dünnschleifen zur mechanischen Stabilisierung zum Teil bereits auf Trägerfolien befestigt, und bei entsprechender Wahl des Folienmaterials lässt sich derselbe Träger auch für die anschliessende Beschichtung verwenden, ohne dass der Wafer an einer neuen Halteeinrichtung befestigt werden muss.

Alternativ lässt sich der Träger auch aus einem anderen nichtleitenden dielektrischen Material fertigen, z. B. aus einer Keramik oder Glas.
20

Mit Vorteil hat die Folie eine Dicke von 50-200 μm , vorzugsweise ungefähr 100 μm , und die Metallisierung eine Dicke von 0.03-0.5 μm , vorzugsweise ungefähr 0.1 μm . Eine derartige Foliendicke erlaubt eine hohe mechanische Stabilität und Dauerhaftigkeit der Folie. Gleichzeitig ist der Querschnitt des Trägers aber noch so gering, dass eine hohe anziehende Kraft möglich ist, wenn das Folienmaterial als Dielektrikum eingesetzt wird, und
25 dass die Material- und Herstellungskosten tief gehalten werden können. Eine Metallisierung der angegebenen Dicke lässt sich kostengünstig realisieren und weist gute elektrische Eigenschaften für die Verwendung im erfindungsgemässen elektrostatischen Chuck auf, insbesondere wird aufgrund der hohen Leitfähigkeit einer solchen leitfähigen Schicht

Restladung, die nach dem Ausschalten des Chucks noch vorhanden ist, innert kurzer Zeit abgebaut.

Die Dicke der Folie bzw. der Metallisierung lassen sich selbstverständlich der jeweiligen Anwendung, d. h. insbesondere den Dimensionen des Substrats, den mechanischen Gegebenheiten oder den erwarteten Einwirkungen durch die Bearbeitung anpassen. In derselben Anlage können problemlos unterschiedliche Träger eingesetzt werden, z. B. auch solche aus einem Folienmaterial für gewisse Substrate und andere z. B. aus Glas für andere Substrate.

Soll bei der Bearbeitung des Substrats, z. B. beim Ätzen, Hochfrequenz eingesetzt werden, kann die Aufspannelektrode auf einem Grundkörper aufgebaut sein, welcher eine Hochfrequenz-Elektrode umfasst, wobei die Aufspannelektrode von der Hochfrequenz-Elektrode elektrisch isoliert ist. Die Aufspannelektrode wird vorzugsweise durch eine isolierte Durchführung durch die Hochfrequenz-Elektrode kontaktiert. Mit Vorteil ist dabei die elektrostatische Aufspanneinrichtung floatend, also weder mit der Hochfrequenzquelle noch mit dem Erdpotential verbunden. Dadurch lässt sich auf einfache Art und Weise auch eine Hochfrequenz-Spannung zur Bearbeitung des auf dem Träger befestigten und durch den Chuck gehaltenen Substrats einsetzen.

Im Fall, dass der Träger so vor der Aufspannelektrode angeordnet wird, dass die leitfähige Schicht der Aufspannelektrode zugewandt ist, wird ein Dielektrikum so vor der Aufspannelektrode angeordnet, dass es zwischen der Aufspannelektrode und dem Träger liegt. Durch die Wahl eines dünnen Dielektrikums mit einer hohen Dielektrizitätszahl ϵ_r lässt sich – unabhängig vom Material des Trägers – eine hohe anziehende Kraft erreichen. Als Dielektrikum eignet sich insbesondere eine Platte aus Aluminiumoxid Al_2O_3 mit der hohen Dielektrizitätszahl $\epsilon_r \approx 10$.

Alternativ lässt sich, wie bereits erwähnt, der Träger so vor der Aufspannelektrode anordnen, dass das Trägermaterial das Dielektrikum zwischen der Aufspannelektrode und der leitfähigen Schicht bildet. Dies erlaubt einen einfacheren und kostengünstigeren Aufbau der Anlage, führt allerdings aufgrund der typischerweise niedrigeren Dielektrizitätszahlen

der wirtschaftlich verwendbaren Trägermaterialien zu geringeren Anzugskräften. Bei einer Vielzahl von Anwendungen reichen aber auch die derart erreichbaren Kräfte aus.

Mit Vorteil umfasst die Bearbeitungsstation eine Spannungsquelle zum Anlegen einer Spannung zwischen den Rahmen und die Aufspannelektrode, wobei insbesondere eine Gleichspannung von 200-1500 V, bevorzugt 500-1000 V, erzeugbar ist. Aufgrund der leitenden Verbindung zwischen dem Rahmen und der leitfähigen Schicht des Trägers kann so auf einfache Weise eine elektrostatische Aufspannvorrichtung gebildet werden, wobei weder eine direkte Kontaktierung des Substrats, noch ein Gasplasma zum Laden bzw. Entladen erforderlich ist. Die angegebenen Spannungen führen bei gebräuchlichen Trägerquerschnitten zu einem Anpressdruck, welcher für die Bearbeitung von Halbleiterwafern geeignet ist.

Die Aufspannelektrode kann mehrere Bereiche unterschiedlicher Polarität umfassen. Dadurch kann eine bi- oder multipolare elektrostatische Aufspannvorrichtung gebildet werden, bei welcher keine Gegenelektrode bzw. Gegenplatte benötigt wird. In diesem Fall kann also grundsätzlich auf die leitfähige Schicht des Trägers und die entsprechende elektrische Kontaktierung verzichtet werden. Generell sind aber mit bi- bzw. multipolaren Aufspannvorrichtungen geringere Anzugskräfte erreichbar als bei unipolarem Aufbau.

Vorzugsweise umfasst die Bearbeitungsstation eine Gaszuführung zum Zuführen eines Gases in einen Zwischenraum zwischen der Aufspannelektrode und dem Träger, wobei bevorzugt ein Gasdruck von mehr als 100 Pa erzeugbar ist. Dadurch wird eine effektive Wärmeableitung durch Wärmeleitung im Rückseitengas ermöglicht. Bei herkömmlich an ihrem Rand aufgespannten Substraten ist der erreichbare Gasdruck nach oben begrenzt, weil beim Überschreiten dieser oberen Grenze der rückseitige Gasdruck zu einer starken Durchbiegung des nur am Umfang eingespannten Substrats führt. Bei grossen und dünnen Halbleiterwafern ist beispielsweise ein Gasdruck von ca. 20 Pa erreichbar, was für eine effektive Kühlung nicht ausreicht. Die Lösung mit einem elektrostatischen Chuck und der grossflächigen Befestigung des Substrats auf einem Träger erlaubt einen bedeutend höheren Druck des Rückseitengases und damit eine wesentlich verbesserte Wärmeableitung vom Substrat.

Bei bestimmten Bearbeitungsschritten kann ein aufgespanntes Substrat auch geheizt werden, indem z. B. die ebene Aussenfläche der Aufspannelektrode entsprechend temperiert wird. Auch das Aufheizen kann durch ein Rückseitengas beschleunigt werden. Schliesslich gibt es Bearbeitungsschritte, bei welchen auf eine Temperierung des Substrats verzichtet werden kann. In diesen Fällen stellt die erfindungsgemässe Aufspannvorrichtung aber sicher, dass das Substrat stabil gehalten wird und nach erfolgter Bearbeitung einfach wieder von der Aufspannvorrichtung abgehoben werden kann.

Die erfindungsgemässe Anlage kann eine Mehrzahl von Bearbeitungsstationen umfassen sowie Mittel, z. B. Vakuumroboter, zum Transportieren des Rahmens mitsamt dem eingespannten Träger und dem Substrat von einer ersten Bearbeitungsstation zu einer zweiten Bearbeitungsstation. Der Aufbau einer solchen Anlage kann beispielsweise sternförmig sein, so dass vertikal ausgerichtete Rahmen entlang einer Kreisbahn bewegt werden, deren Achse parallel zu den Rahmenhauptflächen steht. Auch ein clusterartiger Aufbau mit horizontal angeordneten Rahmen ist möglich. Je nach Aufgabenstellung werden die Rahmen mit dem Substrat in den Bearbeitungsstationen abgelegt oder während des Prozessierens gehalten. Die Bearbeitung respektive der Transport erfolgen entsprechend zeitgleich oder individuell. Dadurch, dass kein Plasma als Leiter bzw. Rückleiter erforderlich ist, lässt sich eine erfindungsgemässe Aufspannvorrichtung auch bei reinen Kühlstationen einsetzen, bei welchen kein Plasma aufgebaut wird. Derartige Kühlstationen können in einer Anlage zwischen zwei Stationen angeordnet werden, in denen eine weitergehende Bearbeitung des Substrats erfolgt.

Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

25 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer ersten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation;
- 5 Fig. 2 eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer zweiten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation, bei welcher zwischen der Elektrode und dem im Rahmen eingespannten Träger ein Dielektrikum angeordnet ist;
- 10 Fig. 3 eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer dritten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation, welche eine Hochfrequenzquelle umfasst;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer bipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer vierten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation; und
- 15 Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Vakuumprozessanlage mit einer Mehrzahl von Bearbeitungsstationen.

Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Die Figur 1 ist eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer ersten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation. Zugunsten einer besseren Sichtbarkeit entsprechen dabei die Längenverhältnisse der dargestellten Komponenten (wie auch bei den folgenden Figuren) nicht der Realität. In einem Rahmen 110 ist eine Trägerfolie 120 eingespannt, auf welcher ein grossflächiges und dünnes Substrat 130 befestigt ist. Das Substrat 130 ist beispielsweise ein kreisförmiger gedünnter Halbleiterwafer mit einem Durchmesser von 300 mm und einer Dicke von

20 200 µm.

25

Der Rahmen 110 ist so dimensioniert, dass das Substrat 130 ganzflächig auf der im Rahmen 110 eingespannten Trägerfolie 120 befestigt werden kann. Die Befestigung erfolgt zwischen der Unterseite 131 des Substrats 130 und der oberen Hauptfläche 121 der Trägerfolie 120 mittels eines vakuumtauglichen, vorteilhafterweise thermisch leitfähigen und
5 später einfach wieder lösbaren Klebers. Der Rahmen 110 ist aus einem ringförmigen Unterteil 111 und einem damit lösbar verbundenen entsprechenden ringförmigen Oberteil 112 zusammengesetzt. Zwischen dem Unterteil 111 und dem Oberteil 112 ist die Trägerfolie 120 eingespannt. Die Einspannung kann durch reine Klemmwirkung erfolgen, zusätzlich oder anstelle davon kann die Trägerfolie 120 Öffnungen entlang ihres Umfangs aufwei-
10 sen, durch welche entsprechende Stifte des Rahmens 110 hindurchgreifen.

Sowohl der Unterteil 111 als auch der Oberteil 112 des Rahmens 110 sind aus einem leitfähigen Metall hergestellt. Die Trägerfolie 120 ist aus Polyimid hergestellt und weist eine Dicke von 100 μm auf. Entlang ihrer oberen Hauptfläche 121 ist eine Metallisierung 122 mit einer Dicke von 0.1 μm aufgedampft, welche vom Oberteil 112 des Rahmens 110 elek-
15 trisch kontaktiert wird.

Der Rahmen 110 mit der eingespannten Trägerfolie 120 ist angrenzend an eine ebene obere Aussenfläche 141 einer metallischen Elektrode 140 angeordnet, wobei die untere Hauptfläche 123 der Trägerfolie 120 parallel und mit geringem Abstand zur oberen Aussenfläche 141 der Elektrode 140 positioniert ist. Die Positionierung des Rahmens 110 vor
20 der Elektrode 140 geschieht mit Vorteil durch eine (nicht dargestellte) Führung für den Rahmen 110. Die Fläche und Form der oberen Aussenfläche 141 der Elektrode 140 entspricht im Wesentlichen der Form und Fläche des auf die Trägerfolie 120 aufgeklebten Substrats 130; dieselbe Elektrode 140 erlaubt aber auch das stabile Festhalten von Substraten geringerer oder grösserer Fläche.

25 Die Elektrode 140 weist im Bereich ihrer Symmetrieachse eine Gaszuführung 142 auf, durch welche ein Rückseitengas dem zwischen der Trägerfolie 120 und der Aussenfläche 141 der Elektrode 140 liegenden Zwischenraum zugeführt werden kann. Dazu ist an die Gaszuführung 142 eine (nicht dargestellte) an sich bekannte Gasquelle angeschlossen, welche das Gas, z. B. Argon, mit einem regelbaren Druck abgibt.

Zwischen der metallischen Elektrode 140 und dem mit der leitenden Metallisierung 122 elektrisch verbundenen Rahmen 110 ist eine Spannungsquelle 150 eingeschaltet, welche eine Gleichspannung von beispielsweise 700 V zwischen der Metallisierung 122 und der Aussenfläche 141 der Elektrode 140 erzeugt. Der Rahmen 110 und damit die Metallisierung 122 befinden sich dabei auf Erdpotential, während die Aussenfläche 141 auf einem Potential von 700 V gehalten wird. Dadurch ergibt sich eine anziehende elektrostatische Kraft zwischen der Metallisierung 122 der Trägerfolie 120 und der Aussenfläche 141 der Elektrode 140, und die Trägerfolie 120 mit dem darauf befestigten Substrat 130 wird an die Elektrode 140 gepresst. Die pro Fläche ausgeübte Kraft F/A ergibt sich gemäss der bekannten Formel

$$F/A = 1/2 \epsilon_0 \epsilon_r U^2 / d^2,$$

wobei U die angelegte Spannung und d die Dicke des Dielektrikums bedeuten. Bei der dargestellten Anordnung mit der Foliendicke $d=100 \mu\text{m}$, der Spannung $U=700 \text{ V}$ und einer Dielektrizitätszahl $\epsilon_r=2.5$ der Trägerfolie 120 ergibt sich ein Anpressdruck $p=F/A$ von ca. 540 Pa. Der Rückseitengasdruck darf den Anpressdruck des elektrostatischen Chucks nicht überschreiten, damit die Trägerfolie 120 mit dem Substrat 130 nicht durch den Gasdruck von der Elektrode 140 weg gedrückt wird. Im dargestellten Beispiel kann also z. B. ein Rückseitengasdruck von bis ca. 500 Pa gewählt werden, welcher einen sehr guten Wärmeübergang vom Substrat zum Chuck ermöglicht. Der k -Wert des Rückseitengases beträgt bei einem solchen Druck mindestens $50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Für den Wärmeübergang ergibt sich folgende Situation:

Schicht	Si-Wafer	Klebstoff	Folie	Rückseitengas
Wärmeleitfähigkeit $[\text{W/mK}]$	150	0.1	0.2	
Dicke $[\mu\text{m}]$	200	20	100	
k -Wert $[\text{W/m}^2\text{K}]$	7.5×10^5	5×10^3	2×10^3	50
% des Wärmewiderstands	≈ 0	≈ 1	≈ 2	≈ 97

Im stationären Fall ergibt sich bei einer angenommenen Wärmebelastung von 0.3 W/cm^2 und einer Temperatur der Elektrodenoberfläche von 21°C eine Wafertemperatur von lediglich 83°C .

- Im Vergleich dazu die Situation ohne Chuck, bei welcher das Rückseitengas lediglich einen Druck von 20 Pa annehmen kann, weil sich sonst eine zu starke Verbiegung des Substrats ergibt:

Schicht	Si-Wafer	Klebstoff	Folie	Rückseitengas
Wärmeleitfähigkeit $[\text{W/mK}]$	150	0.1	0.2	
Dicke $[\mu\text{m}]$	200	20	100	
k-Wert $[\text{W/m}^2\text{K}]$	7.5×10^5	5×10^3	2×10^3	10
% des Wärmewiderstands	≈ 0	≈ 0	≈ 0	>99

- Wegen des geringeren Gasdrucks beträgt der k-Wert des Rückseitengases höchstens $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Im stationären Fall ergibt sich bei derselben Wärmebelastung von 0.3 W/cm^2 und Temperatur der Kühloberfläche von 21°C eine Wafertemperatur von 323°C . Diese führt zur Zerstörung von bereits vorhandenen Schichtstrukturen sowie zu thermischen Eigenspannungen in neu gebildeten Schichten, so dass das Substrat beschädigt oder zerstört wird.

- Durch einen Schalter 151 kann der Rahmen 110 mit der Aussenfläche 141 kurzgeschlossen werden, so dass beide Bauteile auf Erdpotential gebracht werden. Danach lässt sich die Trägerfolie 120 mit dem Substrat 130 ungehindert von der Elektrode 140 lösen.

- Die Figur 2 ist eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer zweiten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation, bei welcher zwischen der Elektrode und dem im Rahmen eingespannten Träger ein Dielektrikum angeordnet ist. Die zweite Ausführung entspricht in weiten Teilen der in der Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsform.

In einem Rahmen 210 ist eine Trägerfolie 220 eingespannt, auf welcher ein grossflächiges und dünnes Substrat 230 befestigt ist. Das Substrat 230 ist wiederum mit seiner Unterseite 231 auf die obere Hauptfläche 221 der Trägerfolie 220 geklebt. Der Rahmen 210 entspricht dem Rahmen 110 der ersten Ausführung und ist aus einem ringförmigen Unter-
5 teil 211 und einem damit lösbar verbundenen entsprechenden ringförmigen Oberteil 212 zusammengesetzt, zwischen denen die Trägerfolie 120 eingespannt ist.

Ein erster Unterschied der zweiten Ausführungsform von der ersten Ausführungsform besteht nun darin, dass die Metallisierung 222 entlang der unteren Hauptfläche 223 der Trägerfolie 220 aufgedampft ist, d. h. die Trägerfolie 220 ist in umgekehrter Orientierung in
10 den Rahmen 210 eingespannt. Die Metallisierung 222 wird vom Unterteil 211 des Rahmens kontaktiert, welcher wiederum aus einem leitfähigen Metall hergestellt ist.

Der Rahmen 210 mit der eingespannten Trägerfolie 220 ist angrenzend an eine dielektrische Platte 243 angeordnet, welche eine metallische Elektrode 240 nach oben abschliesst. Die dielektrische Platte 243 besteht aus Aluminiumoxid Al_2O_3 , welches eine hohe
15 Dielektrizitätszahl $\epsilon_r \approx 10$ aufweist; die Dicke beträgt ca. 100 μm . Die untere Hauptfläche 223 der Trägerfolie 220 mit der Metallisierung 222 ist parallel und mit geringem Abstand zur oberen Hauptfläche 244 der dielektrischen Platte 243 positioniert.

Die Fläche und Form der oberen Hauptfläche 244 der dielektrischen Platte 243 und damit der Elektrode 240 entspricht wiederum mindestens der Form und Fläche des auf die Trägerfolie 220 aufgeklebten Substrats 230. Die Elektrode 240 weist wiederum im Bereich
20 ihrer Symmetrieachse eine Gaszuführung 242 auf, durch welche ein Rückseitengas dem zwischen der Trägerfolie 220 und der oberen Hauptfläche 244 der dielektrischen Platte 243 liegenden Zwischenraum zugeführt werden kann.

Eine Spannungsquelle 250 ist zwischen der metallischen Elektrode 140 und dem mit der leitenden Metallisierung 222 elektrisch verbundenen Rahmen 210 eingeschaltet, welche
25 wiederum eine Gleichspannung von beispielsweise 700 V zwischen der Metallisierung 222 und der Elektrode 240 erzeugt, wobei sich der Rahmen 210 und damit die Metallisierung 222 wieder auf Erdpotential befinden, während die Elektrode 240 auf einem Potential von 700 V gehalten wird. Dadurch ergibt sich eine anziehende elektrostatische Kraft zwischen

der Metallisierung 222 der Trägerfolie 220 und der Elektrode 140, so dass die Trägerfolie mit dem darauf befestigten Substrat 230 an die Elektrode 140 gepresst wird. Gegenüber der ersten Ausführungsform ist bei gleicher Dicke des Dielektrikums die pro Fläche ausgeübte Kraft F/A gemäss der oben erwähnten Formel aufgrund der höheren Dielektrizitätszahl ϵ_r der dielektrischen Platte 243 ungefähr um den Faktor 3 erhöht. Es ergibt sich also bei gleicher Spannung ein Anpressdruck von ca. 1600 Pa, so dass der Rückseitengasdruck bedarfsweise erhöht werden kann, um die Temperierung des Substrats weiter zu verbessern.

Durch einen Schalter 251 kann der Rahmen 210 wiederum mit der Elektrode 240 kurzgeschlossen werden, so dass beide Bauteile auf Erdpotential gebracht werden und die Trägerfolie 220 mit dem Substrat 230 von der Elektrode 140 abgehoben werden kann.

Die Figur 3 ist eine schematische Darstellung einer unipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer dritten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation, welche eine Hochfrequenzquelle umfasst. Eine derartige Ausführung lässt sich beispielsweise in einer Bearbeitungsstation zum Ätzen des Substrats einsetzen. Der Aufbau und die Anordnung des Rahmens 310 ist identisch mit dem Rahmen der ersten Ausführungsform, wie sie in der Figur 1 dargestellt ist. Im Rahmen 310 ist eine Trägerfolie 320 aus Polyimid mit einer Dicke von 100 μm eingespannt, auf welcher das Substrat 330 grossflächig befestigt ist. Der Rahmen 310 ist aus einem ringförmigen Unterteil 311 und einem damit lösbar verbundenen entsprechenden ringförmigen Oberteil 312 zusammengesetzt, zwischen welchen die Trägerfolie 320 eingespannt ist. Sowohl der Unterteil 311 als auch der Oberteil 312 des Rahmens 310 sind aus einem leitfähigen Metall hergestellt. Eine Metallisierung 322 mit einer Dicke von 0.1 μm ist wiederum entlang ihrer oberen Hauptfläche 321 aufgedampft und wird vom Oberteil 312 des Rahmens elektrisch kontaktiert.

Die Elektrode 340 weist einen Grundkörper auf, welcher durch eine Hochfrequenz-Elektrode 345 gebildet wird, die durch eine Hochfrequenz-Spannungsquelle 360 gespeisen wird. Die Hochfrequenz-Elektrode 345 ist auf ihrer oberen Seite durch eine Keramik-Isolatorplatte 346 abgeschlossen, deren Fläche dem Querschnitt der Hochfrequenz-Elektrode 345 entspricht. Auf der Isolatorplatte 346 ist die Chuck-Elektrode 347 angeordnet, wie-

derum mit derselben Oberfläche. Durch die Hochfrequenz-Elektrode 345, die Isolatorplatte 346 und die Chuck-Elektrode 347 verläuft wiederum eine Gaszuführung 342. Der Rahmen 340 ist so angeordnet, dass die untere Hauptfläche 323 der Trägerfolie 320 parallel und mit geringem Abstand zur oberen Aussenfläche 341 der Chuck-Elektrode 347 positioniert ist.

Zwischen der Chuck-Elektrode 347 und dem mit der leitenden Metallisierung 322 elektrisch verbundenen Rahmen 310 ist wiederum eine Spannungsquelle 350 eingeschaltet, welche eine Gleichspannung zwischen der Metallisierung 322 und der oberen Aussenfläche 341 der Chuck-Elektrode 347 erzeugt. Dabei befindet sich die Metallisierung 322 aber im Gegensatz zur ersten Ausführungsform nicht auf Erdpotential, sondern der Chuck-Stromkreis ist floatend und weder mit dem Hochfrequenz-Kreis noch mit dem Erdpotential verbunden. Die Kontaktierung der Chuck-Elektrode 347 erfolgt durch eine isolierte Durchführung 348, welche durch die Hochfrequenz-Elektrode 345 und die Isolatorplatte 346 hindurch erfolgt.

Eine mit dem Erdpotential verbundene, ringförmige Abschirmung 370, deren Querschnitt ungefähr dem Rahmen 310 entspricht, ist oberhalb des Rahmens 310 angeordnet. Diese schafft bezüglich der beim Ätzvorgang eingesetzten Sputter-Quelle einen Dunkelraum zum Rahmen 310. Dadurch wird verhindert, dass Material des Rahmens 310 weggeätzt wird oder dass sich vom Substrat 330 weggeätztes Material auf dem Rahmen 310 ablagert.

Durch einen Schalter 351 kann der Rahmen 310 wiederum mit der Aussenfläche 341 kurzgeschlossen werden, so dass beide Bauteile auf dasselbe Potential gebracht werden. Danach lässt sich die Trägerfolie 320 mit dem Substrat 330 ungehindert von der Chuck-Elektrode 347 lösen.

Die Figur 4 ist eine schematische Darstellung einer bipolaren Elektrode und eines Halte- und Transportrahmens einer vierten Ausführung einer erfindungsgemässen Bearbeitungsstation.

Der mechanische Aufbau und die Anordnung des Rahmens 410 ist identisch mit dem Rahmen der ersten und dritten Ausführungsform, wie sie in den Figuren 1 und 3 dargestellt

sind. Im Rahmen 410 ist wiederum die Trägerfolie 420 aus Polyimid mit einer Dicke von 100 µm eingespannt, auf welcher das Substrat 430 grossflächig befestigt ist. Der Rahmen 410 ist aus einem ringförmigen Unterteil 411 und einem damit lösbar verbundenen entsprechenden ringförmigen Oberteil 412 zusammengesetzt, zwischen welchen die Trägerfolie 420 eingespannt ist.

Der Rahmen 410 mit der eingespannten Trägerfolie 420 ist angrenzend an eine ebene obere Aussenfläche 441 einer metallischen Elektrode 440 angeordnet, wobei die untere Hauptfläche 423 der Trägerfolie 420 parallel und mit geringem Abstand zur oberen Aussenfläche 441 der Elektrode 440 positioniert ist. Die Fläche und Form der oberen Aussenfläche 441 der Elektrode 440 entspricht im Wesentlichen der Form und Fläche des auf die Trägerfolie 420 aufgeklebten Substrats 430.

In einem zentralen Bereich der oberen Aussenfläche 441 der Elektrode 440 ist eine zweite Elektrode 449 eingelassen, deren obere Fläche mit der oberen Aussenfläche 441 der Elektrode 440 fluchtet. Die zweite Elektrode 449 ist durch eine Keramik-Isolatorplatte 446 von der Elektrode 440 elektrisch isoliert. Die zweite Elektrode 449 weist etwa den halben Durchmesser der Elektrode 440 auf.

Die Elektrode 440 weist im Bereich ihrer Symmetrieachse wiederum eine Gaszuführung 442 auf, welche im Weiteren durch die Isolatorplatte 446 und die zweite Elektrode 449 verläuft und durch welche ein Rückseitengas dem zwischen der Trägerfolie 420 und der Aussenfläche 441 der Elektrode 440 liegenden Zwischenraum zugeführt werden kann.

Zwischen der metallischen Elektrode 440 und der zweiten Elektrode 449 ist eine Spannungsquelle 450 eingeschaltet, welche eine Gleichspannung zwischen den beiden Elektroden 440, 449 erzeugt. Die Kontaktierung der zweiten Elektrode 449 erfolgt dabei mittels einer isolierten Durchführung 448, welche durch die Elektrode 440 und die Isolatorplatte 446 hindurch führt. Die Elektrode 440 befindet sich dabei auf Erdpotential, während die zweite Elektrode 449 auf einem Potential von 700 V gehalten wird. Dadurch ergibt sich ein elektrisches Streufeld durch welches in der Metallisierung entlang der oberen Hauptfläche 421 der Folie 420 sowie gegebenenfalls im Substrat 420 elektrische Influenzladungen erzeugt werden. Aufgrund dieser Influenzladungen, deren Polarität der jeweils angrenzenden

Elektrode entgegengesetzt ist, ergibt sich eine anziehende Kraft, durch welche die Folie 420 mit dem aufgeklebten Substrat 430 an die Elektrode 440 gedrückt wird. Durch die dargestellte Ausführung wird also das Prinzip einer bipolaren elektrostatischen Aufspannvorrichtung (Chuck) im Rahmen der Erfindung verwirklicht. Eine elektrische Kontaktierung der auf der Folie 420 aufgedampften Metallisierung oder des Substrats 430 ist nicht notwendig.

Durch einen Schalter 451 können die Elektroden 440, 449 miteinander kurzgeschlossen werden, so dass beide Bauteile auf Erdpotential gebracht werden. Danach lässt sich die Trägerfolie 420 mit dem Substrat 430 ungehindert von der Elektrode 440 lösen.

Die Anordnung der einzelnen Elektroden an der oberen Aussenfläche der Elektrode ist nicht auf die dargestellte Ringform beschränkt. Die zwei Pole können auch auf andere Weise entlang der Oberfläche verteilt sein, beispielsweise kann die innere Elektrode sternförmig ausgebildet sein. Im Weiteren können auf eine ähnliche Weise multipolare Elektroden mit mehr als zwei Unterelektroden ausgeführt werden. Als Beispiel ist eine Anordnung möglich, bei welcher die kreisförmige Aussenfläche wie im dargestellten Beispiel ringförmig aufgeteilt und zusätzlich noch halbiert wird, so dass vier Bereiche gebildet werden. Aneinander angrenzende Bereiche werden dann so mit der Stromquelle verbunden, dass sie jeweils eine unterschiedliche Polarität aufweisen.

Die Figur 5 ist eine schematische Darstellung einer Vakuumprozessanlage mit einer Mehrzahl von Bearbeitungsstationen. Die acht Bearbeitungsstationen 581...588 bilden in ihrer Anordnung ein regelmässiges Achteck. Alle Bearbeitungsstationen weisen auf der Innenseite eine Elektrode 581a...588a gemäss einer der vier beschriebenen Ausführungsformen auf, wobei in derselben Anlage auch unterschiedliche Elektroden (z. B. uni- und bipolare oder solche mit einer Hochfrequenz-Quelle) eingesetzt werden können. Die oberen Aussenflächen der Elektroden 581a...588a stehen vertikal und sind nach aussen orientiert.

Ein Substrat 530, welches auf eine in einem Rahmen 510 eingespannte Trägerfolie 520 aufgeklebt worden ist, wird bei einer Transferstation 581 in die Anlage eingeführt und nach der Bearbeitung wieder aus ihr entnommen. Die Transferstation 581 umfasst beispielsweise eine Vakuumschleuse. Der Rahmen 510 bleibt während der gesamten Verarbeitung

vertikal orientiert. Nachdem der Rahmen 510 mit dem Substrat 530 an die Elektrode 581a herangeführt worden ist, wird gemäss einer der vier dargestellten Ausführungsformen eine Spannung an die Elektrode (und gegebenenfalls den Rahmen) angelegt, so dass der Rahmen an der Elektrode 581a festgehalten wird. Es erfolgt nun die Aufnahme des Rahmens in eine (nicht dargestellte) sternförmige Transportvorrichtung, durch welche simultan acht je in einer Bearbeitungsstation positionierte Rahmen im Uhrzeigersinn in die angrenzende Bearbeitungsstation transportiert werden können.

Nach dem Transport erfolgt der erste Bearbeitungsschritt in der Entgasungsstation 582, wo der Rahmen 510, wie in allen Bearbeitungsstationen 581...588, während des Bearbeitungsvorgangs an der Elektrode 582a festgehalten wird. Daran schliesst sich eine Kühlstation 583 an. Weil bei der erfindungsgemässen Haltevorrichtung kein Plasma zur elektrischen Kontaktierung des Substrats notwendig ist, kann die Kühlung des auf der Elektrode 583a gehaltenen Substrats auf einfache Weise erfolgen. Als nächstes schliesst sich eine Ätzstation 584 an, auf welche wiederum eine Kühlstation 585 folgt. Schliesslich folgen nacheinander drei Sputterstationen 586, 587, 588, worauf das bearbeitete Substrat 530 bei der Transportstation 581 wieder aus der Anlage entnommen werden kann.

Die angegebenen Dimensionen der Vorrichtungen sind lediglich als Beispiele zu verstehen. Sie können den elektrischen und mechanischen Anforderungen angepasst werden. Dies gilt namentlich für die Ausdehnung und die Dicke der Elektrode und ihrer Bestandteile, des Rahmens und der darin eingespannten Folie. Auch die Materialien können aufgrund des beabsichtigten Verwendungszwecks unterschiedlich ausgewählt werden. Beispielsweise kann eine Folie aus einem anderen Kunststoff als Polyimid oder anstelle einer Folie ein Plättchen aus einer Keramik, aus Glas oder aus einem anderen dielektrischen Material als Träger für das Substrat in den Rahmen eingespannt werden.

Die angegebene Spannung der Gleichstromquelle kann dem Anwendungsgebiet und der Dimensionierung der Elektrode und des Dielektrikums angepasst werden, so dass sich ein Rückseitengasdruck erreichen lässt, welcher eine ausreichende Kühlung des Substrats ermöglicht.

- Wesentliche Einflussmöglichkeiten ergeben sich durch die Anpassung des Materials des Dielektrikums (der Folie in der ersten, dritten und vierten Ausführung oder der dielektrischen Platte in der zweiten Ausführung). Wird anstelle eines nicht-leitenden dielektrischen Materials ein schwach dotiertes dielektrisches Material eingesetzt, ergibt sich ein „halbleitendes Dielektrikum“. Bei diesem verschiebt sich die Ladung von der Oberfläche der Elektrode in das Dielektrikum hinein, so dass sich ein geringerer effektiver Abstand der beiden sich anziehenden „Platten“ ergibt, was gegenüber einem elektrisch isolierenden Dielektrikum zu einer bedeutend höheren Anpresskraft bei gleicher Spannung führt. Anstelle einer Coulomb-Anziehung ergibt sich eine sog. Johnsen-Rahbek-Anziehung. Nachteilig bei einem solchen dotierten Dielektrikum gegenüber einem nicht-leitenden Dielektrikum kann sein, dass die halbleitende Wirkung oft erst bei höheren Temperaturen auftritt, welche bei der erfindungsgemässen Anlage gerade vermieden werden sollen. Ausserdem muss zusätzlich ein gewisser kontinuierlicher Ladestrom bereitgestellt werden, damit die Anziehung aufrechterhalten bleibt.
- 15 Die dargestellte Vakuumprozessanlage ist nur ein Beispiel. Es kann eine grössere oder kleinere Zahl von Bearbeitungsstationen ringförmig angeordnet werden, oder die Bearbeitungsstationen können linear hintereinander positioniert werden. Mit der erfindungsgemässen Vorrichtung können auch Anlagen bestückt werden, in denen die Substrate auf horizontal angeordneten Trägern transportiert werden, z. B. in der vorbe-
- 20 kannten Form eines Clusters mit zentraler Handlingstation.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Erfindung eine Anlage zur Bearbeitung eines Substrats schafft, welche einen einfachen Aufbau aufweist, einfach gewartet werden kann, und in welcher ein dünnes und/oder grossflächiges, mechanisch empfindliches Substrat ohne Gefahr der Beschädigung oder Zerstörung bearbeitet werden kann.

Patentansprüche

1. Anlage, insbesondere Vakuumprozessanlage, zur Bearbeitung eines Substrats (130; 230; 330; 430; 530), insbesondere eines Halbleiterwafers, mit mindestens einer Bearbeitungsstation (582-588), dadurch gekennzeichnet, dass die Anlage zum Halten und/oder Transportieren des Substrats (130; 230; 330; 430; 530) mindestens einen Rahmen (110; 210; 310; 410; 510) mit einem eingespannten Träger (120; 220; 320; 420; 520) umfasst, wobei das Substrat (130; 230; 330; 430; 530) grossflächig auf dem Träger (120; 220; 320; 420; 520) befestigbar ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Bearbeitungsstation (582-588) eine Aufspannelektrode (140; 240; 340; 440) umfasst, mit einer ebenen Aussenfläche (141; 244; 341; 441), wobei der Träger (120; 220; 320; 420; 520) parallel und angrenzend an die Aussenfläche (141; 244; 341; 441) der Aufspannelektrode (140; 240; 340; 440) positionierbar ist.
3. Anlage nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
 - a) dass der Träger (120; 220; 320) aus einem nicht-leitenden dielektrischen Material besteht und einseitig mit einer leitfähigen Schicht (122; 222; 322) versehen ist;
 - b) dass der Rahmen (110; 210; 310) zumindest in einem Bereich leitfähig ist; und
 - c) dass der Träger (120; 220; 320) so im Rahmen (110; 210; 310) eingespannt ist, dass die leitfähige Schicht (122; 222; 322) den leitfähigen Bereich des Rahmens (110; 210; 310) kontaktiert.
4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (120; 220; 320) durch eine vakuumtaugliche, temperaturbeständige Folie, insbesondere aus Polyimid, und die leitfähige Schicht (122; 222; 322) durch eine aufgedampfte Metallisierung oder ein leitfähiges Polymer gebildet sind.

5. Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (120; 220; 320) eine Dicke von 50-200 μm , vorzugsweise ungefähr 100 μm , und die Metallisierung (122; 222; 322) eine Dicke von 0.03-0.5 μm , vorzugsweise ungefähr 0.1 μm , haben.
6. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufspannelektrode (347) auf einem Grundkörper aufgebaut ist, welcher eine Hochfrequenz-Elektrode (345) umfasst, wobei die Aufspannelektrode (347) von der Hochfrequenz-Elektrode (345) elektrisch isoliert ist, wobei insbesondere eine isolierte Durchführung (348) durch die Hochfrequenz-Elektrode (345) zum Kontaktieren der Aufspannelektrode (340) vorgesehen ist.
7. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufspannelektrode (240) ein Dielektrikum (243), insbesondere eine Platte aus Aluminiumoxid Al_2O_3 , umfasst, welches so angeordnet ist, dass es zwischen der Aufspannelektrode (240) und dem Träger (220) liegt, wenn der Träger (220) parallel und angrenzend an die Aussenfläche (244) der Aufspannelektrode (240) positioniert ist.
8. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsstation (582-588) eine Spannungsquelle (150; 250; 350) umfasst zum Anlegen einer Spannung zwischen dem Rahmen (110; 210; 310) und der Aufspannelektrode (140; 240; 340), wobei insbesondere eine Gleichspannung von 200-1500 V, bevorzugt 500-1000 V, erzeugbar ist.
9. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufspannelektrode (440) mehrere Bereiche unterschiedlicher Polarität umfasst.
10. Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungsstation (582-588) eine Gaszuführung (142; 242; 342; 442) umfasst zum Zuführen eines Gases in einen Zwischenraum zwischen der Aufspannelektrode (140; 240;

340; 440) und dem Träger (120; 220; 320; 420), wobei bevorzugt ein Gasdruck von mehr als 100 Pa erzeugbar ist.

11. Rahmen für eine Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Halten und/oder Transportieren des Substrats (130; 230; 330; 430), dadurch gekennzeichnet, dass er
5 zum Einspannen eines Trägers (120; 220; 320; 420), insbesondere einer Folie, ausgebildet ist.
12. Rahmen nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass er zumindest in einem Bereich leitfähig ist, derart dass durch den leitfähigen Bereich eine leitfähige Schicht (122; 222; 322) des eingespannten Trägers (120; 220; 320) kontaktiert werden kann.
- 10 13. Folie zum Einspannen in einen Rahmen nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass sie einseitig eine leitfähige Schicht (122; 222; 322) aufweist, welche bevorzugt durch eine aufgedampfte Metallisierung oder ein leitfähiges Polymer gebildet ist, und dass sie vakuumtauglich und temperaturbeständig ist, wobei die Folie im Wesentlichen aus einem nicht-leitenden dielektrischen Material, insbesondere aus
15 Polyimid, hergestellt ist.
14. Bearbeitungsstation für eine Anlage nach einem der Ansprüche 2 bis 10, gekennzeichnet durch eine Aufspannelektrode (140; 240; 340; 440), mit einer ebenen Aussenfläche (141; 244; 341; 441), deren Ausdehnung mindestens einer Hauptfläche des Substrats (130; 230; 330; 430) entspricht, wobei die Aufspannelektrode (140; 240;
20 340; 440) mit einem parallel und angrenzend an die Aussenfläche (141; 244; 341; 441) der Aufspannelektrode positionierten Träger (120; 220; 320; 420) eine elektrostatische Aufspannvorrichtung bilden kann.
15. Verfahren zum Bearbeiten eines Substrats (130; 230; 330; 430), insbesondere eines Halbleiterwafers, in einer Vakuumprozessanlage, dadurch gekennzeichnet, dass das
25 Substrat (130; 230; 330; 430) zum Halten und/oder Transportieren auf einem in ei-

nem Rahmen (110; 210; 310; 410) eingespannten Träger (120; 220; 320; 420) grossflächig befestigt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (130; 230; 330; 430) mittels eines vakuumtauglichen und lösbaren Klebers auf eine erste ebene Hauptfläche (121; 221; 321; 421) des Trägers (120; 220; 320; 420) aufgeklebt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Aufspannelektrode (140; 240; 340; 440) mit einer ebenen Aussenfläche (141; 244; 341; 441) parallel und angrenzend an eine zweite ebene Hauptfläche (123; 223; 323; 423) des Trägers (120; 220; 320; 420) angeordnet wird, wobei die zweite ebene Hauptfläche (123; 223; 323; 423) der ersten ebenen Hauptfläche (121; 221; 321; 421) gegenüberliegt.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Hauptfläche (121; 321; 421) des Trägers (120; 320; 420) mit einer leitfähigen Schicht (122; 322; 422) versehen ist.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Aufspannelektrode (347) auf einem Grundkörper aufgebaut ist, welcher durch eine Hochfrequenz-Elektrode (345) gebildet ist, wobei die Aufspannelektrode (347) von der Hochfrequenz-Elektrode (345) elektrisch isoliert ist und die Spannung zwischen der Aufspannelektrode (347) und dem Rahmen (310) insbesondere mittels einer isolierten Durchführung (348) angelegt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Hauptfläche (223) des Trägers (220) mit einer leitfähigen Schicht (222) versehen ist und dass zwischen der Aufspannelektrode (240) und der zweiten ebenen Hauptfläche (223) des Trägers (220), ein Dielektrikum (243) angeordnet wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spannung zwischen dem Rahmen (110; 210; 310) und der Aufspannelektrode (140; 240; 340) angelegt wird.
- 5 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass zum Temperieren des Substrats (130; 230; 330; 430) ein Gas mit einem Überdruck in einen Zwischenraum zwischen der zweiten Hauptfläche (123; 223; 323; 423) des Trägers (120; 220; 320; 420) und der ebenen Aussenfläche (141; 244; 341; 441) der Aufspannelektrode (140; 240; 340; 440) eingeleitet wird.
- 10 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ablösen des Substrats (130; 230; 330) die leitfähige Schicht (122; 222; 322) des Trägers (120; 220; 320) mit der Aufspannelektrode (140; 240; 340) kurzgeschlossen wird.

Seite 1/3

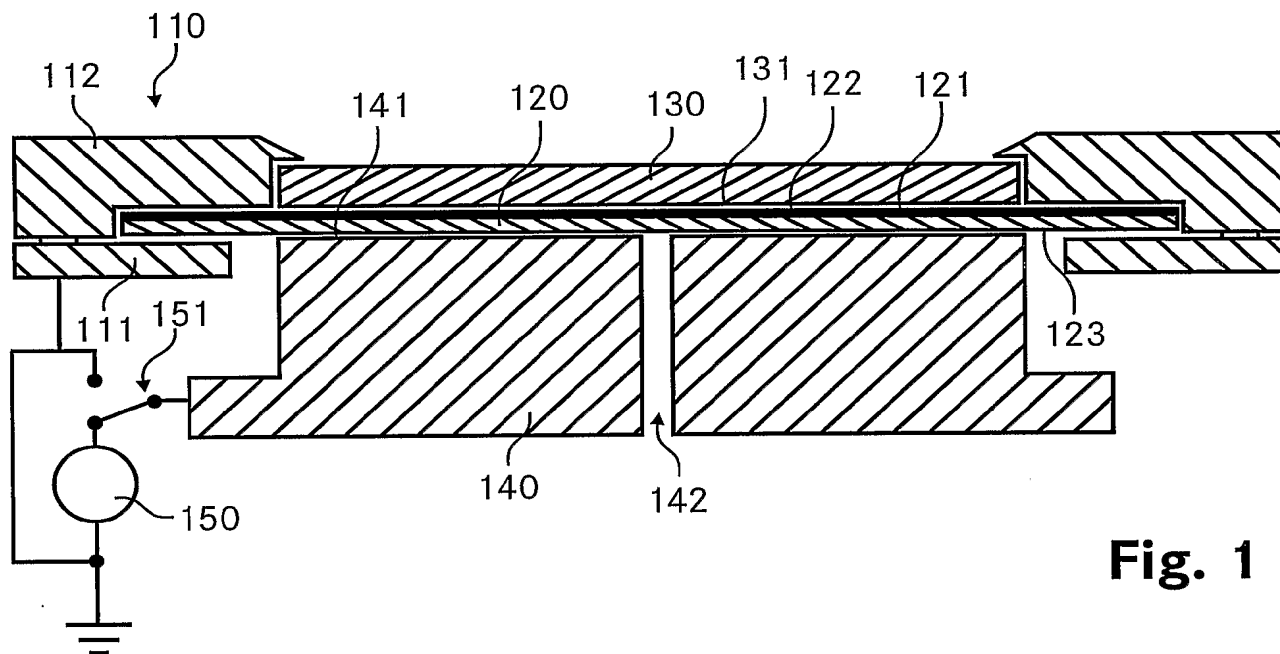


Fig. 1

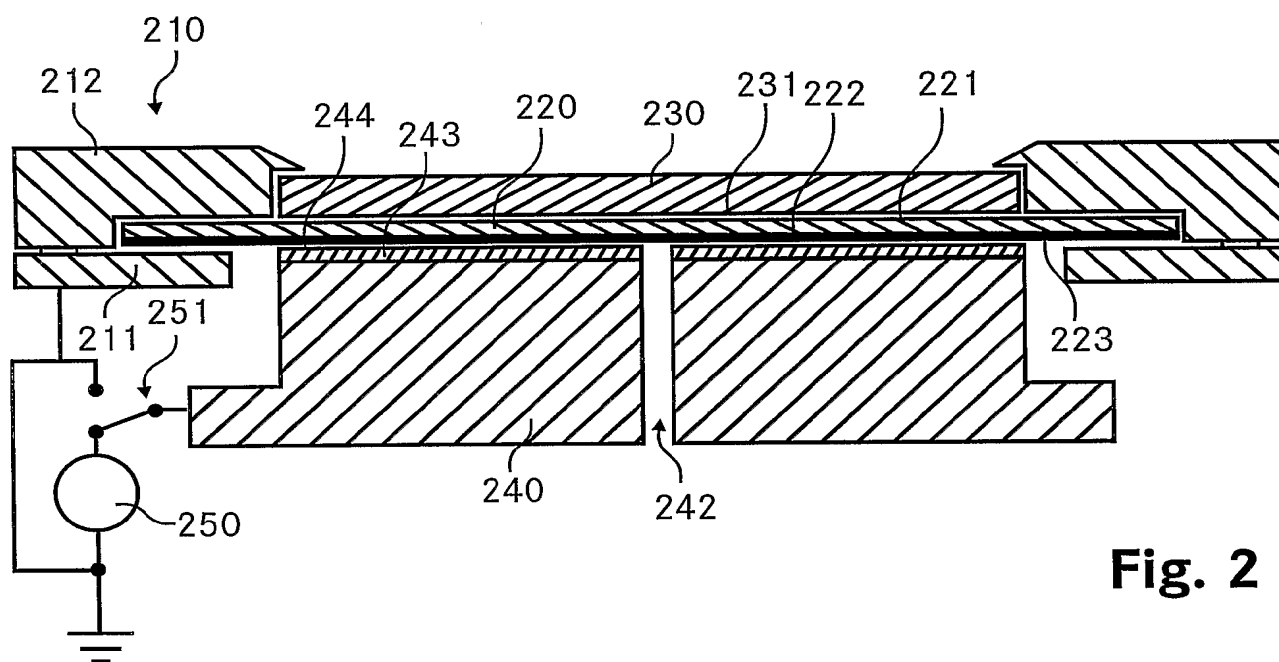


Fig. 2

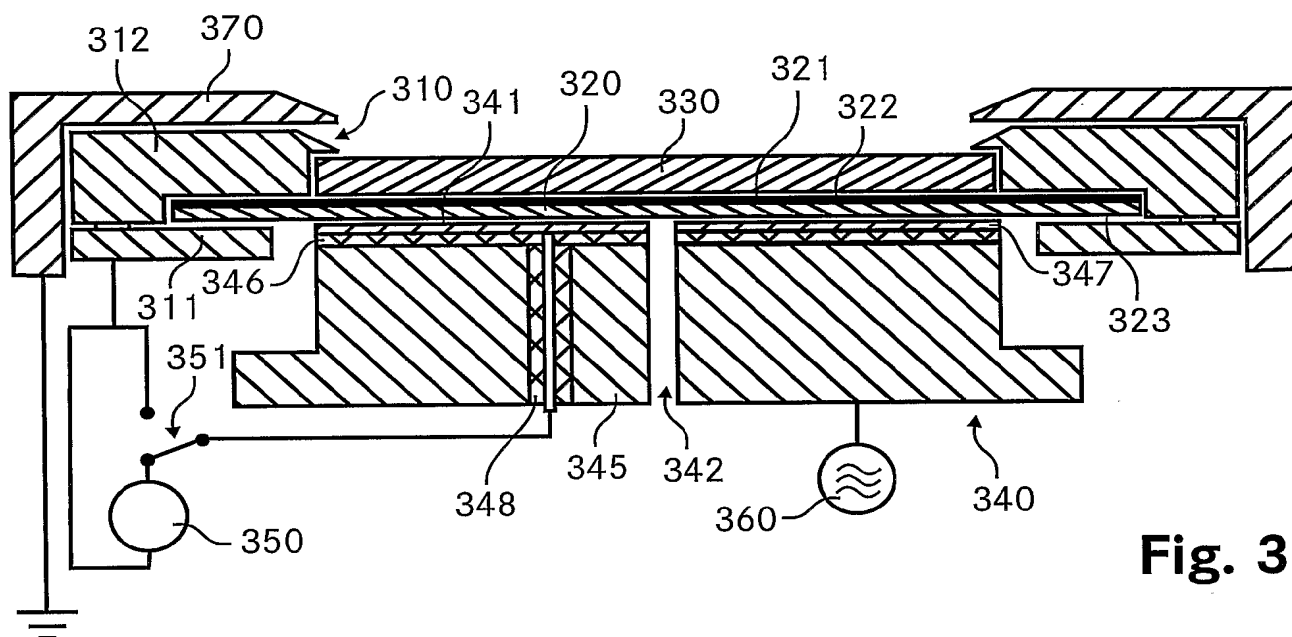


Fig. 3

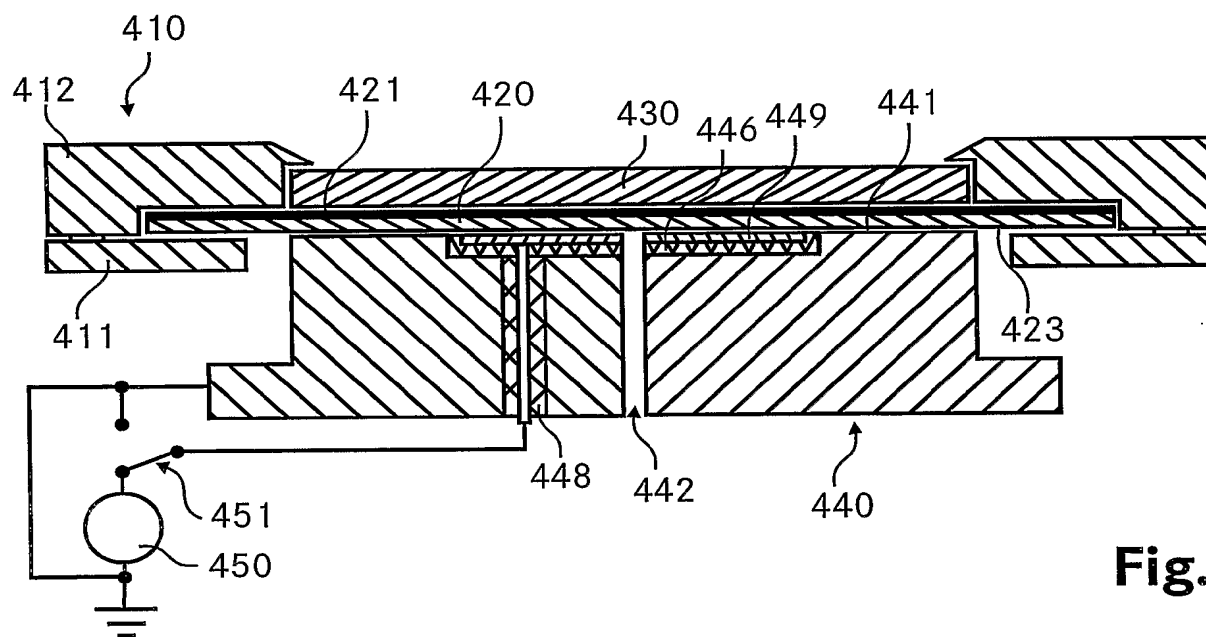


Fig. 4

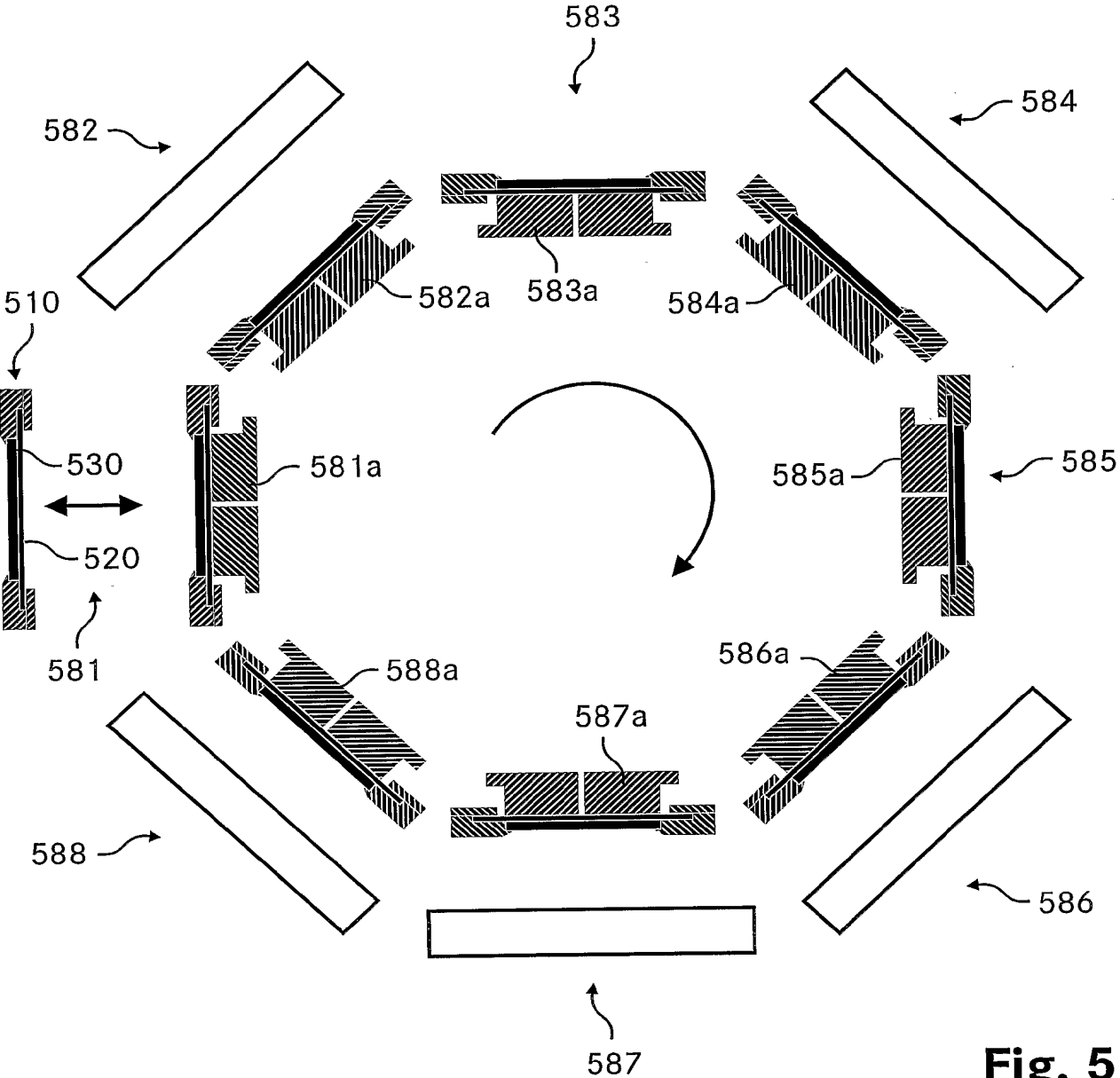


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 20/04000010

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 708 557 A (VO DONG ET AL) 13 January 1998 (1998-01-13) column 1, line 62 -column 2, line 51; figures 1,2	1-23
X	US 5 460 684 A (ASAKAWA TERUO ET AL) 24 October 1995 (1995-10-24) column 3, line 67 -column 4, line 64; figures 1,2	1-23
X	EP 0 844 659 A (APPLIED MATERIALS INC) 27 May 1998 (1998-05-27) column 13, line 44 - line 46; figure 3	1-23
X	US 6 259 592 B1 (ONO MASANORI) 10 July 2001 (2001-07-10) column 5, line 8 -column 6, line 20; figure 2	1-23
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 March 2004

Date of mailing of the international search report

22/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angermeier, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CH 20/0400001

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 486 966 A (TOKYO ELECTRON LTD ;TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)) 27 May 1992 (1992-05-27) column 5, line 4 - line 54; figures 1,4-7 -----	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 20/04000010

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5708557	A	13-01-1998	NONE	
US 5460684	A	24-10-1995	JP 6177081 A JP 6177078 A KR 242529 B1	24-06-1994 24-06-1994 01-02-2000
EP 0844659	A	27-05-1998	US 5729423 A EP 0844659 A2 JP 10247683 A US 5986875 A US 6278600 B1	17-03-1998 27-05-1998 14-09-1998 16-11-1999 21-08-2001
US 6259592	B1	10-07-2001	JP 2000174106 A TW 439168 B	23-06-2000 07-06-2001
EP 0486966	A	27-05-1992	JP 3238925 B2 JP 4186653 A DE 69111027 D1 DE 69111027 T2 EP 0486966 A1 KR 220212 B1 US 5539179 A	17-12-2001 03-07-1992 10-08-1995 04-01-1996 27-05-1992 01-10-1999 23-07-1996

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 259 592 B1 (ONO MASANORI) 10. Juli 2001 (2001-07-10) Spalte 5, Zeile 8 - Spalte 6, Zeile 20; Abbildung 2 -----	1-23
X	EP 0 486 966 A (TOKYO ELECTRON LTD ; TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)) 27. Mai 1992 (1992-05-27) Spalte 5, Zeile 4 - Zeile 54; Abbildungen 1,4-7 -----	1-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 20/04000010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5708557	A	13-01-1998	KEINE
US 5460684	A	24-10-1995	JP 6177081 A 24-06-1994 JP 6177078 A 24-06-1994 KR 242529 B1 01-02-2000
EP 0844659	A	27-05-1998	US 5729423 A 17-03-1998 EP 0844659 A2 27-05-1998 JP 10247683 A 14-09-1998 US 5986875 A 16-11-1999 US 6278600 B1 21-08-2001
US 6259592	B1	10-07-2001	JP 2000174106 A 23-06-2000 TW 439168 B 07-06-2001
EP 0486966	A	27-05-1992	JP 3238925 B2 17-12-2001 JP 4186653 A 03-07-1992 DE 69111027 D1 10-08-1995 DE 69111027 T2 04-01-1996 EP 0486966 A1 27-05-1992 KR 220212 B1 01-10-1999 US 5539179 A 23-07-1996